



REPOBLIKAN'I MADAGASIKARA
Tanindrazana - Fahafahana – Fandrosoana

MINISTÈRE DE L'AGRICULTURE, DE L'ÉLEVAGE ET DE LA PÊCHE

**PROJET DE MISE EN VALEUR ET DE PROTECTION
DES BASSINS VERSANTS AU LAC ALAOTRA
(BV ALAOTRA)**



Document de travail BV lac n° 86

Evolution des processus d'innovation des SCV pour la Rive Est du
Lac Alaotra. Partie 3. Principaux résultats des systèmes de culture.



par Berthine RAHARISOA ; Eric PENOT, Raphael Domas et Jean
Chrysostome RAKOTONDRAVELO

2012

UMR Innovation
Montpellier
SupAgro - Inra - Cirad



**UNIVERSITÉ
D'ANTANANARIVO**

cirad
LA RECHERCHE AGRONOMIQUE
POUR LE DÉVELOPPEMENT

**Projet
ANR-PEPITES**

PRINCIPAUX RESULTATS ET DURABILITE AGRONOMIQUE DES SYSTEMES SCV ADOPTES PAR LES PAYSANS.

Ce chapitre évalue les différents systèmes de culture réellement adoptés par les paysans selon la toposéquence. Les systèmes de cultures recensés ont été classifiés suivant leurs importances en surfaces. Les performances agronomiques et économiques de chaque type de système seront analysées dans la partie 1. La partie 2 étudie la durabilité de chaque système de culture suivant les variations climatiques et les variations des apports en fumure organique et minérale.

Encadré 1 : Rotation et succession culturale.

1. **La rotation** est la répétition sur une même parcelle d'une succession ordonnée pluriannuelle de culture. Au contraire, si l'ordre et la nature des cultures ne sont pas conservés, on parle d'une **succession de culture** (Mémento de l'Agronome, 2002).
2. Selon les conventions du GSDM :
 - « / » désigne une **succession intra-annuelle de cultures**, la deuxième culture étant semée quelque jours ou quelques semaines après la récolte de la première (ou quelque jours avant, en relai),
 - « // » désigne une **succession interannuelle de cultures**, les différentes années de cultures et
 - « + » désigne une **association de cultures** dont le semis se fait en même temps ou décalé (culture en dérobée).

Les rotations / successions de cultures avec les techniques SCV pratiquées par les adoptants.

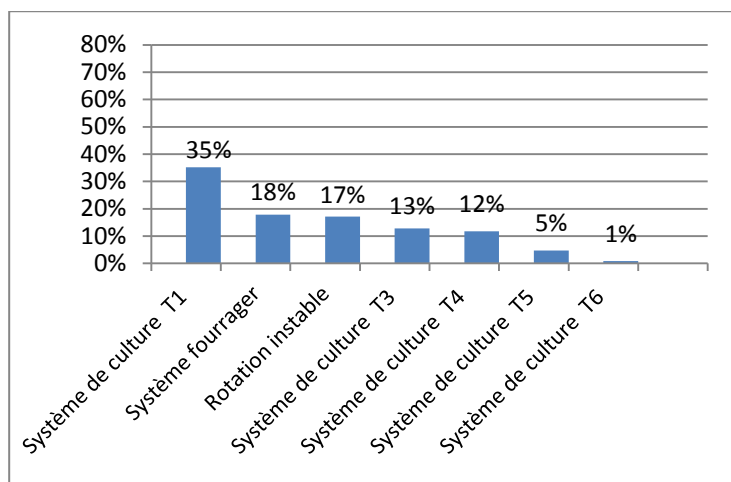
Les systèmes de cultures adoptés sur tanety.

Valorisation contrastées de *tanety* entre la ZNE et la VSE avec des nouvelles gammes de systèmes de cultures.

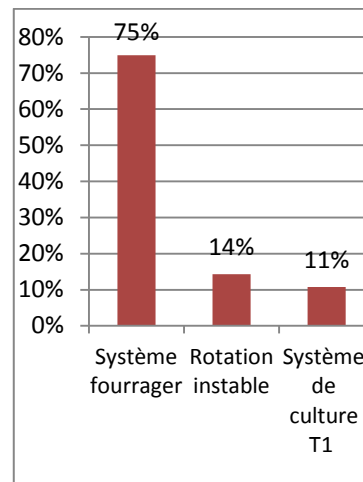
Les systèmes sur *tanety* ont été très développés dans la Zone Nord Est (cf. tableau 1). La valorisation des parcelles de *tanety* est différente dans les deux zones à cause de leur topographie. Vu la surface importante de *baiboho* et des rizières dans la Vallée du Sud Est, les paysans valorisent moins les parcelles de *tanety* en cultures vivrières. 56% des parcelles pérennisées sont des soles fourragères et 19% des parcelles de *brachiaria* qui été débutées en culture de « manioc + *brachiaria* ». A l'inverse, 82% (système de culture T1 à T6) des parcelles dans la Zone Nord Est ont été exploitées en culture vivrière (cf. graphe 1 et 2).

Tableau 1 : Surface totale et nombre de parcelles et d'adoptants suivi sur tanety.

Campagne agricole	2002-2003	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010
Surface totale ZNE (ha)			4,5	18	18	18	18	18
Surface totale VSE (ha)	0,54	0,9	2,26	9,59	9,59	9,59	9,59	9,59
Nombre total des parcelles	2	5	33	119	119	119	119	119
Nombre total des adoptants	1	3	20	56	56	56	56	56



Graphe 1 : Système de culture en pourcentage de surface sur tanety dans la ZNE.



Graphe 2 : Systèmes de culture en pourcentage de surface sur tanety dans la VSE.

La rotation biennale « maïs + légumineuses volubiles // riz pluvial » (Système de culture T1) est le système le plus adopté dans les deux zones. Elle est la rotation standard préconisée sur *tanety*. 48% des parcelles sur *tanety* dans la ZNE sont installées en systèmes de culture innovants (Système de culture T3, T4, T5 et T6). 17% des parcelles sur *tanety* dans la ZNE et 14% dans la VSE sont conduites en système de culture non-identifiable (rotation culturale pas encore fixée). Sept types de système de culture, avec des proportions variables, ont été identifiés sur *tanety*.

Système de culture T1 : rotation biennale du type « maïs + légumineuses volubiles // riz pluvial ».

C'est le système qui permet de produire le maximum de riz sur *tanety* avec les techniques SCV. C'est également le système de culture préconisé par les opérateurs de diffusion dans la région du Lac Alaotra.

Deux sous-systèmes ont été identifiés¹ :

- ***SC T11 : rotation biennale « maïs + légumineuses // riz pluvial »*** (32% des parcelles dans la ZNE, 3% des parcelles dans la VSE) et

¹ Il s'agit d'un même système, mais la tête de rotation est différente.

- **SC T12 : rotation biennale « riz pluvial // maïs + légumineuses »** (ZNE : 8%, VSE : 3%).

Le système SC T11 correspond à un système commencé sur une couverture vive de maïs associé aux légumineuses. Le SC T12 est un système installé à l'aide d'herbicide de prélevé : « riz + stomp ».

Tableau 2 : Rendement de maïs et de riz pluvial pour le système de culture T1.

Campagne agricole		2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010
Maïs	Rendement moyen (kg/ha)	2533	2596	2611	2295	2217	2472
	Nombre d'échantillon	4	22	11	22	11	20
	Coefficient de variation	11%	14%	13%	16%	21%	18%
Riz pluvial	Rendement moyen (kg/ha)	2 980	2338	2572	2302	2621	2918
	Nombre d'échantillon	1	11	22	11	21	11
	Coefficient de variation		19%	21%	31%	26%	24%

Système de culture T2 : système fourrager.

Deux types de systèmes ont été adoptés :

- **SC T21: soles fourragère** (ZNE : 2%, VSE : 56%),
- **SC T22 : système manioc associé au brachiaria de 2 à 3 ans évoluant en système pérenne de brachiaria** (ZNE : 11%, VSE : 14%).

Ces systèmes sont adoptés par les paysans éleveurs. Pour le système SC T21, la culture pure de brachiaria est la plus fréquente. Le système « brachiaria + stylosanthes » a commencé à être adopté lors des deux dernières campagnes (de 20% à 25% des parcelles). 8% des parcelles fourragères (SC T21) ont été reprises en culture vivrière pour la campagne 2009-2010. Et 24% des parcelles issues du système SC T22 ont été valorisées en culture de « maïs + légumineuse » ou arachide (rendement moyen sur 2 parcelles : 1002 kg/ha en 2009-2010) sur couverture morte de brachiaria pour les campagnes 2008-2009 et 2009-2010 (cf. tableau 4).

Tableau 3 : Rendement de manioc et de maïs pour le système SC T22.

Campagne agricole		2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010
Manioc	Rendement moyen (kg/ha)	8565	11 859	11 600		
	Nombre d'échantillon	3	3	1		
	Coefficient de variation	3%	18%			
Maïs	Rendement moyen (kg/ha)				2020	2367
	Nombre d'échantillon				1	3
	Coefficient de variation					13%

Système de culture T3 : introduction de la culture d'arachide dans la rotation de base « maïs + légumineuses volubiles // riz pluvial ».

Ce type de système est le plus adopté chez les paysans dont le démarrage de la campagne dépend essentiellement de l'accès au crédit agricole. En cas de retard de déblocage du crédit, des cultures peu exigeantes en intrant sont installées. C'est le cas de la culture d'arachide.

Les agriculteurs modifient le PTA et introduisent également de l'arachide dans la rotation lorsqu'il y a un retard de la première pluie utile. La prise de décision dépend, entre autre, de l'arrivée de la première pluie : (i) entre le 15 et le 30 décembre : choix des variétés à cycle court sans modification du PTA (riz à cycle court: FOFIFA 154, B22, SEBOTA, maïs à cycle court : IRAT 200, CIRAD 412), (ii) au delà de cette date buttoir : installation d'arachide (avant le 15 janvier culture de l'arachide de variété *menakely*, après le 15 janvier mise en place de la variété *vanga*).

Quatre sous-systèmes ont été identifiés :

- **SC T31 : rotation quinquennale « maïs + légumineuses // riz pluvial // maïs + légumineuses // riz pluvial // arachide »** (ZNE : 5%),
- **SC T32: rotation quinquennale « maïs + légumineuses // maïs + légumineuses // arachide // maïs + légumineuses // riz pluvial »** (ZNE : 4%),
- **SC T33 : rotation quadriennale « maïs + légumineuses // arachide // maïs + légumineuses // riz pluvial »** (ZNE : 2%),
- **SC T34 : rotation triennale « maïs + légumineuses // maïs + légumineuses // arachide »** (ZNE : 1%).

Tableau 4 : Rendement de maïs, riz pluvial et arachide pour le SC T3.

	Spéculations / Campagnes agricoles	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010
Maïs	Rendement moyen (kg/ha)	2661	2559	2717	2397	2728	2581
	Nombre d'échantillon	1	9	6	4	5	4
	Coefficient de variation		11%	25%	16%	19%	6%
Riz pluvial	Rendement moyen (kg/ha)		3170	2195	2 026	2570	2888
	Nombre d'échantillon		1	2	1	4	4
	Coefficient de variation			8%		40%	15%
Arachide	Rendement moyen (kg/ha)				1033	918	1 244
	Nombre d'échantillon				5	1	2
	Coefficient de variation				11%		33%

Système de culture T4 : introduction de l'itinéraire « riz pluvial » dans le système continu de maïs associé aux légumineuses volubiles.

Ce système se rencontre surtout dans les petites exploitations (non-autosuffisantes en riz, peu ou pas de RI / RMME >1,5 ha, *tanety* >1ha) qui n'ont ni des ressources suffisantes en fumier ni des moyens financiers pour apporter des engrais minéraux sur les parcelles de *tanety*. La production est principalement destinée à la vente.

Deux sous système de culture ont été identifiés :

- **SC T41 : rotation quinquennale « maïs + légumineuses // maïs + légumineuses // maïs + légumineuses // maïs + légumineuses // riz pluvial » ou « maïs + légumineuses // riz pluvial // maïs + légumineuses // maïs + légumineuses // maïs + légumineuses »** (ZNE : 5%),
- **SC T42 : rotation quadriennale « maïs + légumineuses // maïs + légumineuses // maïs + légumineuses // riz pluvial »** (ZNE : 7%).

Tableau 5 : Rendement de maïs et riz pluvial pour le SC T4.

	Campagne agricole	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010
Maïs	Rendement moyen (kg/ha)	2480	2526	2864	2315	2049	2595
	Nombre d'échantillon	1	10	8	9	5	7
	Coefficient de variation		15%	9%	8%	17%	10%
Riz pluvial	Rendement moyen (kg/ha)			2431	2427	2146	3000
	Nombre d'échantillon			2	1	5	2
	Coefficient de variation			7%		27%	17%

Système de culture T5 : système continu de « maïs + légumineuses volubiles »

Cet itinéraire a été adopté marginalement. La durabilité de ce système est assurée par les légumineuses.

Tableau 6: Rendement du maïs pour le SC T5.

	Campagne agricole	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010
Maïs	Rendement moyen (kg/ha)	2 175	2666	2923	2380	2508	2733
	Nombre d'échantillon	1	6	6	6	3	3
	Coefficient de variation		21%	11%	6%	7%	16%

Système de culture T6 : introduction de l'itinéraire « manioc + stylosanthes » à cycle long dans la rotation de base.

Un paysan a innové dans le système de culture préconisé en insérant un manioc à cycle long (variété *miandrazaka*) dans la rotation de base : **rotation quadriennale « riz pluvial // maïs + légumineuses volubiles // manioc + stylosanthes 2 ans »** (ZNE : 1%). Sa stratégie a été de limiter les mauvaises herbes (notamment les Cypéracées) sur ses parcelles. Dans la rotation « maïs + dolique // riz pluvial », la légumineuse ne couvre totalement la parcelle que vers la fin de janvier, début février. Or les adventices sont déjà très développés à cette période. Ainsi le paysan a introduit le « manioc + stylosanthes » dans la rotation. Deux cycles des mauvaises herbes sont ainsi réduits par l'effet d'ombrage. Il a installé le « manioc + stylosanthes » sur 2 ans au mois de décembre (au lieu du mois de mars pour les cultures conventionnelles) pour que le stylosanthes s'implante avant la saison sèche.

Tableau 7 : Rendement de maïs, riz pluvial, manioc pour le SC T6.

	Campagne agricole	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010
Maïs	Rendement moyen (kg/ha)		2 000			
	Nombre d'échantillon		1			
Riz pluvial	Rendement moyen (kg/ha)	2 411				3721
	Nombre d'échantillon	1				1
Manioc	Rendement moyen (kg/ha)			0	14200	
	Nombre d'échantillon			1	1	

Système de culture T7 : rotation instable.

17% des parcelles dans la Zone Nord Est et 14% dans la Vallée du Sud Est n'ont pas été encore conduite avec des rotations fixées. La succession des cultures n'a pas été encore ordonnée sur deux ou plusieurs années. Deux grandes tendances ont été identifiées :

- ***SC T71 : système introduisant la culture d'arachide*** (ZNE : 5%, VSE : 1%),
- ***SC T72 : système introduisant la couverture vive de stylosanthes*** (ZNE : 9%, VSE : 11%).

Les rendements de riz pluvial et du maïs sont très hétérogènes pour le système SC T72 (cf. tableau 8).

Tableau 8 : Rendement de maïs, riz pluvial et arachide pour le système SC T71.

	Campagne agricole	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010
Maïs	Rendement moyen (kg/ha)	2595	2282	2806	2465	2621	3000
	Nombre d'échantillon	1	5	3	5	3	1
	Coefficient de variation		12%	15%	12%	11%	
Riz pluvial	Rendement moyen (kg/ha)	2133	3120	2079	2298	1341	2262
	Nombre d'échantillon	1	1	1	2	1	2
	Coefficient de variation				31%		5%
Arachide	Rendement moyen (kg/ha)			1033		863	1000
	Nombre d'échantillon			3		2	2
	Coefficient de variation			6%		45%	0%

Tableau 9 : Rendement de maïs, riz pluvial, arachide et manioc pour le système SC T72.

	Campagne agricole	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010
Maïs + légumineuse	Rendement moyen (kg/ha)	2364	2617	2622	1785		2773
	Nombre d'échantillon	3	12	6	4		2
	Coefficient de variation	20%	17%	13%	43%		1%
Maïs + Stylosanthes	Rendement moyen (kg/ha)				2172	2123	
	Nombre d'échantillon				1	1	
	Coefficient de variation				0%	0%	
Riz pluvial sous CM	Rendement moyen (kg/ha)	1850	1525	2431	1547	1879	1700
	Nombre d'échantillon	1	2	5	3	4	1
	Coefficient de variation		26%	20%	77%	31%	
Riz + stylosanthes	Rendement moyen (kg/ha)				1514	3037	1957
	Nombre d'échantillon				2	3	2
	Coefficient de variation				5%	8%	62%
Arachide + Stylosanthes	Rendement moyen (kg/ha)				1118		912
	Nombre d'échantillon				1		1
	Coefficient de variation				0%		0%
Manioc + Stylosanthes	Rendement moyen (kg/ha)		0	12571			10865
	Nombre d'échantillon		1	1			2
	Coefficient de variation		0%	0%			48%

Etude comparative de performances agro-économiques des systèmes de cultures sur tanety.

Les avantages et contraintes comparés des systèmes de cultures sur tanety.

Les atouts et contraintes de chaque système de culture sont synthétisés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 10 : Les avantages et contraintes des systèmes de culture sur tanety.

Système de culture	Avantages	Inconvénients
SC T1	<ul style="list-style-type: none"> – Production de biomasse une année sur deux, – Production de riz une année sur deux ou sur 1/2 des parcelles², – Taux de Couverture du sol assez élevé, – Possibilité d’interrompre le cycle vital des organismes nuisibles au riz (comme la pyriculariose) 	<ul style="list-style-type: none"> – Système intensif en engrais (culture successive de céréale), – Système intensif en main d’œuvre – Système adapté aux sols moyennement riches à riches seulement, – Maîtrise plus ou moins facile de la biomasse et des mauvaises herbes suivant le type (produisant peu ou beaucoup de biomasse) et de la date d’installation des légumineuses.
SC T2	<ul style="list-style-type: none"> – Intégration agriculture-élevage, – Bonne qualité de fourrage : graminée et légumineuse (brachiaria + stylosanthes), – Système adapté aux sols pauvres, – Valorisation des parcelles incultes : ré-végétalisation, – Meilleure restructuration du sol par le système racinaire puissant du brachiaria, – Production importante de biomasse, – Taux de couverture du sol élevé, – Forte fixation de carbone dans le sol, – Système pérenne, – Multiplication facile du brachiaria par éclat de souches, – Porte d’entrée aux systèmes SCV, 	<ul style="list-style-type: none"> – Dose forte d’herbicide nécessaire pour la reprise de la parcelle en culture vivrière (GLYPHOSATE 5l/ha³) – Apport d’engrais azoté obligatoire pour lutter contre la faim d’azote pour la reprise de la parcelle en culture vivrière, – Système intensif en main d’œuvre : fauchage régulier obligatoire pour l’itinéraire « manioc + brachiaria » pour éviter la concurrence hydrique entre les 2 plantes en saison sèche, – Difficulté de récolte du manioc associé aux brachiaria, – Récolte de grains de brachiaria et du stylosanthes difficile.
SC T3	<ul style="list-style-type: none"> – Installation d’un système extensif en intrant et en travail (arachide) au cas où les moyens financiers et/ou les mains d’œuvre disponibles de l’exploitation sont limités, – Installation d’une culture à cycle court (arachide) en cas de retard de la première pluie nécessaire, – Le SC T33 est le plus performant parmi les 4 sous-systèmes : production de biomasse 1/2 an, productif (cf. annexe 11). 	<ul style="list-style-type: none"> – Production de riz pluvial sur < 1/2 des parcelles, – Faible production de biomasse au niveau parcellaire pour le système SC T31, – Taux de couverture du sol moindre pour le système SC T31, – Risque élevé de ne pas maîtriser les biomasses sur la parcelle pour le système SC T31.

² Pour la rotation sur deux ans de « maïs + légumineuse // riz », si on raisonne au niveau parcellaire la production de riz est sur 2 ans. Mais si on ramène le raisonnement au niveau de l’exploitation, les paysans doivent produire du maïs et du riz tous les ans, un assolement dont 1/2 des parcelles en maïs et 1/2 des parcelles en riz doivent ainsi être faits et la production du riz est de 1/2 des parcelles.

³ Dose recommandée par BRL Madagascar.

Système de culture	Avantages	Inconvénients
SC T4	<ul style="list-style-type: none"> – Production importante de biomasse, – Bonne maîtrise des mauvaises herbes, – Système adapté sur sols pauvres, – Taux de couverture du sol élevé, – Possibilité d'intégration agriculture-élevage pour la valorisation de la production de maïs : élevage porcin ou aviaire. 	<ul style="list-style-type: none"> – Production de riz pluvial sur < 1/2 des parcelles – Vulnérabilité élevée des légumineuses installées sur 3 ou 4 ans successifs face aux attaques des insectes et des maladies,
SC T5	<ul style="list-style-type: none"> – Production de biomasses importantes, – Bonne maîtrise des mauvaises herbes, – Taux de couverture du sol élevé, – Possibilité d'intégration agriculture-élevage pour valoriser la production du maïs : élevage porcin ou aviaire. 	<ul style="list-style-type: none"> – Système qui ne produit pas de riz, – Vulnérabilité élevé des légumineuses installées tous les ans, – Système intensif en intrant (succession de céréales) et en travail
SC T6	<ul style="list-style-type: none"> – Interruption du cycle des mauvaises herbes par l'effet d'ombrage du « manioc + stylosanthes » à cycle long (2 ans) par rapport au cycle du « maïs + légumineuses », – Installation d'un système extensif en intrant et en main d'œuvre au cas où les moyens de l'exploitation sont limités, – Système adaptées sur les sols pauvres : « manioc + stylo » de 2 ans remonte la fertilité du sol, – Taux de couverture du sol élevé, 	<ul style="list-style-type: none"> – Ne produit du riz que sur 1/4 des parcelles

Les performances des systèmes de culture sur tanety.

Les variations de rendements de l'arachide et du maïs ne sont pas importantes suivant le type de système (cf. tableau 22) avec des coefficients de variations (C.V) respectifs de 7% et 8%. Les rendements de riz pluvial sont plus ou moins homogènes par rapport à ces deux spéculations avec un coefficient de variation de 17%.

Tableau 11 : Variation de rendement et de produit brut par système de culture sur tanety.

Système de culture	SC T1	SC T3	SC T4	SC T5	SC T6
Rendement moyen du maïs (kg/ha)	2 454	2 598	2 470	2 564	2 000
Nombre de valeurs observées ⁴	90	29	40	25	1
Rendement moyen de riz (kg/ha)	2 622	2 893	2 501		3 066
Nombre de valeurs observées	77	12	10		2
Rendement moyen d'arachide (kg/ha)		1 052			
Nombre de valeurs observées		10			
Rendement moyen de manioc (kg/ha)					14 200
Nombre de valeurs observées					1
Produit brut (Ar/ha)	1 256 658	1 176 699	1 216 712	1 256 448	3 397 250

Le rendement maximum de maïs a été observé sur les parcelles conduites en système de culture T3 (SC T3 : introduction de la culture d'arachide dans la rotation standard préconisée) avec un rendement moyen sur six campagnes successives de 2598 kg/ha. Le rendement minimum est celui des parcelles en SC T6 (introduction de l'itinéraire « manioc + stylosanthes » dans la rotation standard préconisée): 2000kg/ha. Pour le riz pluvial, le rendement maximum, 3 066 kg/ha, est observé sur les parcelles en SC T6 et le minimum sur celles en SC T4 (introduction de l'itinéraire « riz pluvial » dans le système continu de maïs), 2501 kg/ha. Les gains liés à l'élevage sur 4 à 5 campagnes successives ne sont pas étudiés, ils nécessitent une autre étude approfondie sur ce domaine. En effet, la valeur de la plante de couverture, qui sert à nourrir les animaux, n'est pas prise en compte dans le système SC T2. Pour le système SC T7, l'étude de performance agronomique et économique n'a pas été réalisée puisque le système est encore instable.

Le système introduisant le « manioc + stylosanthes » SC T6 présente le produit brut le plus élevé grâce à la récolte du manioc. Par rapport aux trois autres systèmes de culture innovants (SC T3, SC T4, SC T5) la rotation standard SC T1 est plus rentable, mais les variations de produits bruts sont faibles.

Globalement, les performances économiques des systèmes de culture sur *tanety* sont assez proches.

Les systèmes de cultures sur bas de pente.

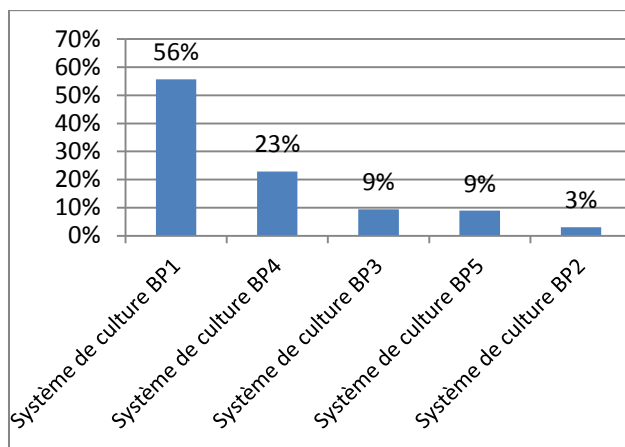
Systèmes de cultures plus stables que ceux de *tanety*.

Les rotations culturales sur les bas de pentes sont plus stables que celles des autres sous-unités de *tanety* (cf. graphe 3 et 4). Globalement les innovations paysannes observées sur les rotations sont identiques à celles de *tanety* sauf sur quelques parcelles à *Ilafy* et *Bekatsaka* ayant des ressources d'eau disponible qui rendent la culture de contre saison possible. Ces parcelles ont été conduites comme celles sur *baiboho*.

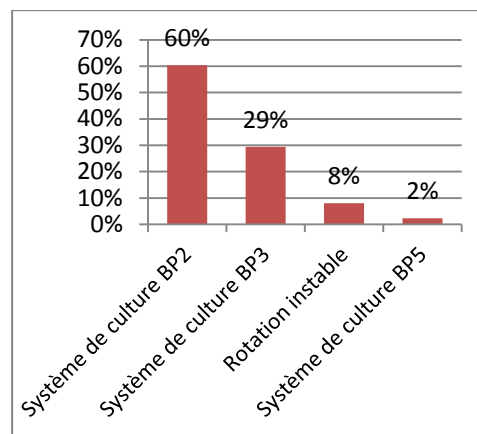
⁴ Nombre de rendement observé.

Tableau 12 : Surface totale et nombre des parcelles et des adoptants suivi sur bas de pente.

Grands systèmes	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010
Surface totale ZNE (ha)		0,3	1,31	1,31	1,31	1,31	1,31
Surface totale VSE (ha)	0,31	0,62	1,02	1,02	1,02	1,02	1,02
Nombre de parcelles	1	4	14	14	14	14	14
Nombre des adoptants	1	3	11	11	11	11	11



Graphe 3 : Système de culture en pourcentage de surface sur baiboho dans la ZNE.



Graphe 4 : Système de culture en pourcentage de surface sur baiboho dans la VSE.

Le système introduisant la culture d'arachide dans la rotation préconisée (rotation biennale « maïs + légumineuses volubiles // riz pluvial »), SC BP1, a été le système le plus adopté sur les bas de pente dans la ZNE. Tandis que la rotation sur trois ans de « maïs + légumineuses // maïs + légumineuses // riz pluvial », SC BP2, ont été le système le plus développé dans la VSE.

Six types de rotation ont été identifiés sur le bas de pente.

Système de culture BP1 : système introduisant la culture d'arachide dans la rotation de base.

Ce système comprend trois types de rotations culturales :

- **SC BP11 : rotation quadriennale « maïs + légumineuses // riz pluvial // maïs + légumineuses // arachide »** (ZNE : 23%, VSE : 0%),
- **SC BP 12 : rotation quadriennale « maïs + légumineuses // maïs + légumineuses // maïs + légumineuses // arachide »** (ZNE : 6%, VSE : 0%),
- **SC BP 13 : rotation triennale « maïs + légumineuses // riz pluvial // arachide » ou « Arachide // maïs + légumineuses // riz »** (ZNE : 23%, VSE : 0%)

Tableau 13: Rendement du maïs, riz pluvial et arachide pour le système de culture BP1.

	Campagne agricole	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010
Maïs	Rendement moyen (kg/ha)	2423	2586	2270	2966	3000
	Nombre d'échantillon	3	2	2	2	1
Riz pluvial	Rendement moyen (kg/ha)		1706	1706		2188
	Nombre d'échantillon		2	1		2
Arachide	Rendement moyen (kg/ha)	930		966	1143	1000
	Nombre d'échantillon	1		1	2	1

Système de culture BP2 : rotation triennale « maïs + légumineuses // maïs + légumineuses // riz pluvial » ou « riz pluvial // maïs + légumineuses // maïs + légumineuses ».

C'est le système de culture le plus adopté sur les bas de pente dans la VSE.

Tableau 14 : Rendement de maïs et de riz pluvial pour le système SC BP2.

	Campagne agricole	2001-2002	2002-2003	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010
Maïs	Rendement moyen (kg/ha)		2 240	2 877		2630	2 806		3 258	2 525
	Nombre d'échantillon		1	1		3	3		3	3
Riz pluvial	Rendement moyen (kg/ha)	1 645			2755			2 170		
	Nombre d'échantillon	1			3			3		

Système de culture BP3 : rotation biennale du type « maïs + légumineuses volubiles // riz pluvial ».

Ce type de système est observé dans les deux zones.

Tableau 15 : Rendement de maïs et de riz pluvial pour le SC BP3.

	Campagne agricole	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010
Maïs	Rendement moyen (kg/ha)	2643	2370	2137	1950	1450
	Nombre d'échantillon	1	1	1	1	1
Riz pluvial	Rendement moyen (kg/ha)	2556	2158	964	2700	3501
	Nombre d'échantillon	1	1	1	1	1

Système de culture BP4 « rotation quadriennale : maïs + légumineuses // maïs + légumineuses // maïs + légumineuses // riz pluvial ».

Ce système a été observé sur une parcelle dans la ZNE.

Tableau 16: Rendement de maïs et de riz pluvial pour le SC BP4.

	Campagne agricole	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010
Maïs	Rendement moyen (kg/ha)	2378	2940	2420		2 410	1894
	Nombre d'échantillon	1	1	1			1
Riz pluvial	Rendement moyen (kg/ha)				1724		
	Nombre d'échantillon				1		

Système de culture BP5 : système continu de « riz / maraîchage sur paillage ou légumineuse volubile ».

Le SC BP5 a été adopté sur deux parcelles à petite surface dans la ZNE et dans la VSE.

Tableau 17 : Rendement de maïs et de riz pluvial pour le SC BP5.

	Campagne agricole	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010
Riz pluvial	Rendement moyen (kg/ha)	2024	2206	985	2484	3500	2024
	Nombre d'échantillon	2	2	2	2	2	2

Système de culture BP6 : rotation instable

Seulement 8% des parcelles dans la VSE sont conduites avec des systèmes non-identifiés.

Etude comparative de performances agro-économiques des systèmes sur bas de pente.

Les atouts et contraintes des systèmes de cultures sur bas de pente.

Les systèmes SC BP3 et SC BP4 ont été déjà rencontrés et étudiés sur *tanety* (cf. chapitre 2, paragraphe 1.1.2.1). Et le système SC BP5 sera détaillé dans les systèmes de culture sur *baiboho*

Tableau 18 : Les avantages et inconvénients du système SC T6.

Système de culture	Avantages	Inconvénients
SC BP1	<ul style="list-style-type: none"> – Installation d'un système extensif en intrant et en travail (arachide) au cas où les moyens financiers et/ou les mains d'œuvre disponibles de l'exploitation sont limités, – Installation d'une culture à cycle court (arachide) en cas de retard de la première pluie nécessaire. 	<ul style="list-style-type: none"> – Production de riz pluvial sur < 1/2 des parcelles, – Faible production de biomasse au niveau parcellaire pour le système SC BP13, – Taux de couverture du sol moindre pour le système SC BP13, – Risque élevé de ne pas maîtriser les biomasses sur la parcelle pour le système SC BP13.

Système de culture	Avantages	Inconvénients
SC BP2	<ul style="list-style-type: none"> – Production importante de biomasse, – Bonne maîtrise des mauvaises herbes par rapport au système préconisé sur les bas de pente (SC BP3), – Système adapté sur sols pauvres, – Taux de couverture du sol élevé, – Possibilité d'intégration agriculture-élevage pour la valorisation de la production de maïs : élevage porcin ou aviaire. 	<ul style="list-style-type: none"> – Production de riz pluvial sur < 1/2 des parcelles, – Vulnérabilité élevée des légumineuses installées sur 2 campagnes successives face aux attaques des insectes et des maladies.

Les performances des systèmes de cultures sur bas de pente.

Le système SC BP4 « rotation quadriennale : maïs + légumineuses // maïs + légumineuses // maïs + légumineuses // riz pluvial » a été le plus productif avec un rendement moyen de maïs de 2749 kg/ha et 2442 kg/ha de riz pluvial.

Tableau 19 : Rendement suivant le type du système de culture sur bas de pente.

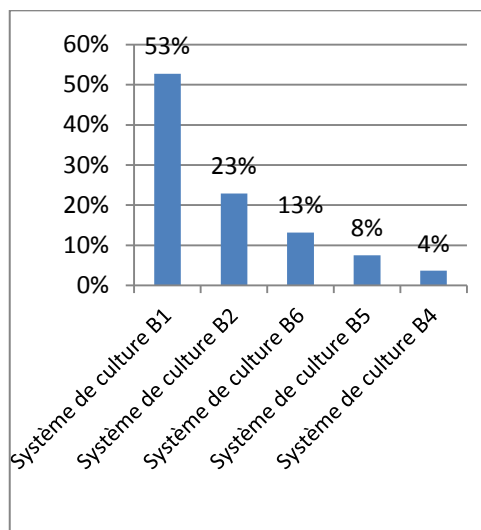
Rendement moyen	SC BP1	SC BP2	SC BP3	SC BP4	SC BP5
Maïs (kg/ha)	2 649	2 723	2 110	2 408	
Nombre de valeurs observées	10	14	5	5	
Riz pluvial (kg/ha)	1 867	2 190	2 376	1 724	2 204
Nombre de valeurs observées	5	7	5	1	12
Arachide (kg/ha)	1 010				
Nombre de valeurs observées	5				
Produit brut (Ar/ha)	1 110 505	1 254 404	1 110 900	1 100 440	1 101 917

Le système SC BP2 (rotation triennale : « maïs + légumineuse // maïs + légumineuse // riz pluvial ») est plus rentable que les autres systèmes de cultures adoptés sur bas de pente (cf. tableau 30). Le système SC BP2 permet de dégager des produits bruts de 143 504 Ar/ha à 153 964 Ar/ha plus élevés que les autres systèmes. La performance agronomique du système SC BP2 est également vérifiée sur les sols riches de bas de pente par rapport au système de culture préconisé (SC BP3).

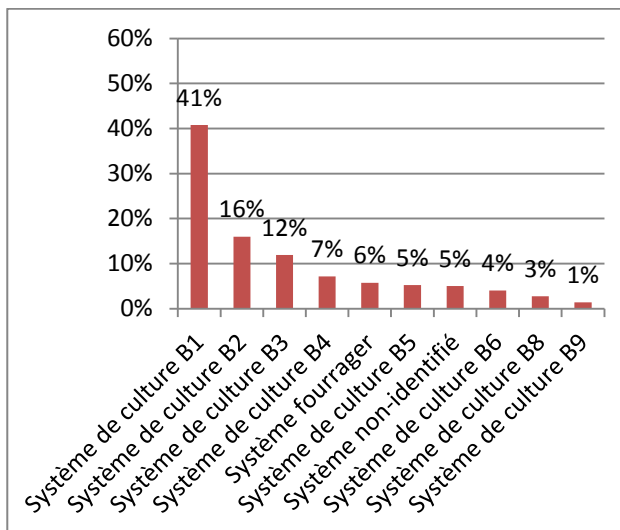
Les systèmes de cultures sur baiboho.

Des systèmes avec production continue de biomasse et de riz pluvial.

Les adaptations et innovations paysannes majeures sur les *baiboho* sont surtout l'ajustement de grands systèmes préconisés par la recherche en des systèmes de cultures permettant la production continue des biomasses sur la parcelle avec la production annuelle du riz pluvial. Ces innovations ont été observées dans les deux zones.



Graphe 6 : systèmes de cultures en pourcentage de surface sur baiboho dans la ZNE.



Graphe 5 : système de culture en pourcentage de surface sur baiboho dans la VSE.

Tableau 20 : Surface totale et nombre des parcelles et des adoptants suivi sur baiboho.

Campagne agricole de baiboho	2002-2003	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010
Surface totale ZNE (ha)			1,11	1,60	1,60	1,60	1,60	1,60
Surface totale VSE (ha)	0,10	1,94	3,72	10,17	10,17	10,17	10,17	10,17
Nombre de parcelles	1	17	43	84	84	84	84	84
Nombre des adoptants	1	14	30	47	47	47	47	47

Système de culture B1 : système continu de riz suivi de maraîchage sur paillage en contre saison évoluant en système à base de vesce.

- « **Riz pluvial / maraîchage CM //...// riz pluvial / maraîchage + vesce** » (53% ZNE, 41% VSE).

Bon nombre des paysans ont abandonné le système continu « riz/ maraîchage sur paillage » au profit du système à base de vesce « riz/ vesce ou maraîchage + vesce » pour sa forte production de biomasse à court terme. Les systèmes à base de vesce sont également plus productifs en riz (cf. tableau 32).

Tableau 21 : Rendement de riz pluvial pour le SC B1.

Campagne agricole		2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010
Riz pluvial	Rendement moyen (kg/ha)	2 085	2 505	2 507	2 801	2 810	3 081	2 759
	Nombre d'échantillon	2	12	31	31	31	29	20
	Coefficient de variation	6%	7%	17%	16%	18%	21%	25%

Système de culture B2 : système continu de « riz pluvial / maraîchage sur paillage »

- « **Riz / maraîchage CM // ... // riz / maraîchage CM** » (23% ZNE, 16% VSE)

L'apport supplémentaire des pailles d'une parcelle à une autre ne pose pas trop de difficultés sur les *baiboho*, sols exondés à proximités des rizières. La culture sur mulch en contre saison a permis aux paysans de faire varier les cultures maraîchères produites suivant la variation des demandes des marchés d'Ambatondrazaka et d'Imerimandroso : pomme de terre (2004-2005), tomate (2008-2009), haricot,...

Tableau 22 : Rendement de riz pluvial pour le SC B2.

	Campagne agricole	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010
Riz pluvial	Rendement moyen (kg/ha)	2 305	2 636	2 720	2 918	2 727	3 035	3 211
	Nombre d'échantillon	1	8	14	14	14	13	10
	Coefficient de variation		6%	15%	10%	15%	24%	14%

Système de culture B3 : rotation biennale « maïs + légumineuses volubiles // riz pluvial » ou « riz pluvial // maïs + légumineuses volubiles »

Ce système a été surtout adopté sur les parcelles dans la VSE (12%) où la culture de contre saison sur les parcelles est difficile voir même impossible. La seule source d'eau qui alimente les cultures en contre saison est la remontée capillaire des nappes phréatiques. Cette remontée est impossible sur certains *baiboho* à cause de la présence de plaques sableuses.

Tableau 22 : Rendement de maïs et de riz pluvial pour le SC B3.

	Campagne agricole	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010
Maïs	Rendement moyen (kg/ha)		2 571	2 787	2 783	3 040	1 579	2 574
	Nombre d'échantillon		2	3	5	3	5	3
	Coefficient de variation		26%	9%	25%	32%	35%	16%
Riz pluvial	Rendement moyen (kg/ha)	2 150	3 040	2 640	3 136	2 666	4 308	6 140
	Nombre d'échantillon	1	1	5	3	5	3	4
	Coefficient de variation			7%	11%	17%	12%	27%

Système de culture B4 : système introduisant le système de culture « maïs + légumineuses volubiles » dans le système continu de « riz / maraîchage CM ».

- **SC B41 : rotation triennale « maïs + légumineuses // riz / maraîchage CM // riz / maraîchage CM »** ou « **Riz / maraîchage CM // riz / maraîchage CM // maïs + légumineuses** » (4% ZNE, 3% VSE),
- **SC B42 : rotation quadriennale « riz / maraîchage CM // riz / maraîchage CM // riz / maraîchage CM // maïs + légumineuses »** (0% ZNE, 4% VSE)

Ces types de rotation ont été adoptés par les paysans ayant la difficulté pour recharger la biomasse de leurs parcelles : concurrence avec l'élevage bovin, difficulté pour trouver de la paille disponible autour des parcelles. Les agriculteurs ont voulu faire des cultures maraîchères, en contre saison, plus rémunératrices et surtout sources de revenu en période sèche. Or le système continu « riz / maraîchage sur paillage » ne produit pas des biomasses;

l'installation de « maïs + légumineuses » dans la rotation permet de produire de la biomasse sur la parcelle une année sur trois et de palier le recours à la biomasse de l'extérieure.

Tableau 23 : Rendement de maïs et de riz pluvial pour le SC B5.

	Campagne agricole	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010
Maïs	Rendement moyen (kg/ha)	1880	2685	3428	1585	2385	2657
	Nombre d'échantillon	1	3	1	1	6	1
	Coefficient de variation		13%			38%	
Riz pluvial	Rendement moyen (kg/ha)	2425	2577	2734	2039	2172	3042
	Nombre d'échantillon	1	5	7	7	2	6
	Coefficient de variation		11%	20%	26%	17%	40%

Système de culture B5 : système continu de « riz pluvial / maraîchage sur paillage » de 2 à 3 ans évoluant en « riz pluvial / légumineuse volubile » et en système « riz pluvial / vesce + maraîchage » 2 ou 3 campagnes plus tard.

Deux sous systèmes ont été évalués.

- **SC B51 « Riz pluvial / maraîchage sur paillage // ... // riz / légumineuse volubile // ... // riz pluvial / vesce + maraîchage »** (8% ZNE, 2% VSE),
- **SC B52 « Riz / légumineuse volubile // ... // riz pluvial / vesce + maraîchage »** (0% ZNE, 3% VSE).

Certains paysans ont priorisé la production continue de biomasse sur leurs parcelles. Le maraîchage paillé n'était pas possible sur leurs parcelles et les légumineuses volubiles avaient des problèmes d'hydromorphie. Les paysans ont alors choisis d'installer des systèmes à base de vesce.

Tableau 24 : Rendement de riz pluvial pour le SC B5.

	Campagne agricole	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010
Riz pluvial	Rendement moyen (kg/ha)	2428	2875	2676	2754	4146	3743
	Nombre d'échantillon	2	6	6	6	6	4
	Coefficient de variation	25%	17%	17%	19%	34%	43%

Système de culture B6 : système continu de « riz / maraîchage sur paillage » et/ou « riz pluvial / légumineuse volubile » évoluant en système à base de stylosanthes.

- **SC B61 : « Riz / maraîchage CM //... // système à base de stylosanthes »** (0% ZNE, 4% VSE),
- **SC B62 : « Riz pluvial / légumineuse volubile // ... // riz pluvial / maraîchage CM // ... // système à base de stylosanthes »** (13% ZNE, 0% VSE).

Certain paysans ont installé des légumineuses volubiles en contre saison dans le but de produire de la biomasse en continue sur la parcelle sans perturber la production annuelle de riz. Cependant, les légumineuses volubiles ne procurent pas beaucoup de revenus pour les adoptants et le marché des graines n'est pas assuré.

Après 2 à 3 campagnes, le système « riz/ maraîchage sur paillage » a été repris. Pourtant ce type de système ne fournit pas de biomasse, les paysans sont obligés de recharger la

couverture avant chaque installation de cultures. Au bout de 2 à 3 ans, les paysans n'ont pas pu maîtriser les mauvaises herbes sur les sols riches de *baiboho*. Ils ont abandonné ce type de système le remplaçant par celui à base de stylosanthes : « manioc + stylosanthes » sur 2 ans, « riz + stylosanthes // Jachère de stylosanthes », « arachide + stylosanthes // jachère de stylosanthes ».

Tableau 25 : Rendement de riz pluvial, manioc et arachide pour le SC B6.

	Campagne agricole	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010
Riz pluvial	Rendement moyen (kg/ha)	1 818	2 390	2 502	2 022	
	Nombre d'échantillon	4	4	4	3	
	Coefficient de variation	27%	19%	19%	45%	
Manioc + stylosanthes (2ans)	Rendement moyen (kg/ha)				0	11 102
	Nombre d'échantillon				1	2
	Coefficient de variation					32%
Arachide + stylosanthes	Rendement moyen (kg/ha)					747
	Nombre d'échantillon					1
	Coefficient de variation					

Système de culture B7 : système fourrager.

- **Culture pure de brachiaria (0% ZNE, 6% VSE).**

La culture fourragère est très rare sur *baiboho*. Elle a plutôt une vocation de jachère améliorée de brachiaria de 2 à 3 ans plutôt que l'établissement d'une culture pérenne. Elle se rencontre surtout dans la zone sud.

Système de culture B8: système continu de « riz pluvial / maraîchage sur paillage » de 2 à 3 ans évoluant en « riz /maraîchage + vesce » et retour en système « riz pluvial / maraîchage sur paillage » au bout de 2 à 3 campagnes.

- « **Riz pluvial / maraîchage sur paillage // ... // riz pluvial / vesce + maraîchage // ... // riz pluvial / maraîchage sur paillage** » (0% ZNE, 3% VSE)

Ce type du système est surtout observé sur les *baiboho* dans la Vallée du Sud Est. A cause de l'effet d'ombrage, les cultures maraîchères associées à la vesce sont moins productives qu'en culture pure sur paillage. Certain paysans sont retournés au système initial « riz / maraîchage sur paillage ». Un exploitant a avancé qu'il a abandonné les systèmes à base de vesce en raison de l'arrêt d'achat de semence par le projet BV Lac.

Tableau 26 : Rendement du riz pluvial pour le SC B7.

	Campagne agricole	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010
Riz pluvial	Rendement moyen (kg/ha)	2 828	2 909	3 114	3 162	3 547	2 727
	Nombre d'échantillon	1	4	4	4	4	4
	Coefficient de variation	0%	20%	12%	15%	28%	6%

Système de culture B9 : système continu de « riz / légumineuse volubile » sur 2 à 3 campagnes évoluant en « riz / maraîchage sur paillage » et en « riz / vesce + maraîchage » 2 à 3 campagnes plus tard.

- « **Riz pluvial / légumineuse volubile // ... // riz pluvial / maraîchage sur paillage // ... // riz pluvial / vesce + maraîchage** » (0% ZNE, 1% VSE).

Ce système ne concerne que deux parcelles étudiées.

Tableau 27 : Rendement de riz pluvial pour le système de culture B9.

	Campagne agricole	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010
Riz pluvial	Rendement moyen (kg/ha)	2475	2300	2745	2583	2343	3039	2948
	Nombre d'échantillon	1	1	2	2	2	2	2
	Coefficient de variation			3%	20%	15%	2%	12%

Système de culture 10 : système non-identifié.

Quatre parcelles dans la Vallée du Sud Est (0% ZNE, 5% VSE) n'ont pas eu de succession de culture bien identifiée par rapport aux neuf autres systèmes développés précédemment.

Etude comparative de performances agro-économiques de grands systèmes sur baiboho.

L'évolution des systèmes de cultures sur *baiboho* correspondent surtout au changement d'un système pour un autre. L'analyse comparative de grands systèmes a permis ainsi de tirer des conclusions sur les raisons des modifications et adaptations sur les systèmes de cultures adoptés par les paysans sur les *baiboho*.

Les atouts et contraintes des systèmes de cultures sur baiboho.

Les avantages et inconvénients des systèmes de cultures installés sur *baiboho* ont été analysés dans le tableau ci-dessous.

Tableau 28 : Atouts et contraintes des systèmes de culture sur baiboho.

Système de culture	Avantages	Inconvénients
Système continu de « riz /maraîchage sur paillage»	<ul style="list-style-type: none"> – Production annuelle de riz, – Limite l'évaporation d'eau (deux à trois fois moins d'arrosage qu'en culture conventionnelle), – Contrôle naturel de certaines maladies bactériennes et cryptogamiques, – Mise en œuvre facile, – Source de revenu en saison sèche (culture maraîchère), – Arrière effet sur la culture du riz en saison de l'apport des éléments fertilisants sur le maraîchage en contre saison. 	<ul style="list-style-type: none"> – Système qui ne produit pas des biomasses, – Taux de couverture du sol assez faible, – Faible apport des matières organiques dans le sol (par les cultures maraîchères seulement), – Minéralisation rapide des pailles de riz, – Temps d'épandage important des pailles sur les parcelles 10 à 15hj/ha, – Risques de transmission des maladies de riz d'une parcelle à une autre par apport de paille venu de l'extérieur, – Concurrence avec élevage (paille de riz = alimentation bovine en saison sèche),

Système de culture	Avantages	Inconvénients
Système continu de « riz /maraîchage + vesce »	<ul style="list-style-type: none"> – Production importante de biomasse sur la parcelle à court terme, – Taux de couverture du sol élevé, – Système pérenne: reprise naturelle de la vesce, – Système facile à maîtriser : les vesces meurent tout seul en fin de saison sèche, – Possibilité d'utilisation en fourrage, – Possibilité de culture maraîchère en association des vesces en contre saison (la culture de « haricot + vesce » a été la plus adoptée), – Mise en place facile, – Revenu régulier au niveau de la parcelle en saison sèche, – Prix intéressant des semences de vesce, – Apport naturel d'azote par les vesces, – Apport des éléments fertilisants sur le maraîchage. 	<ul style="list-style-type: none"> – Risque de divagation bovine en saison sèche (vesce : plante fourragère), – Système intensif en main d'œuvre : travaux supplémentaire de 15 à 20 hj/ha pour éclaircir les haricots au moment de floraison, – Rendement faible par rapport aux cultures paillées (notamment le haricot), – Traitement phytosanitaire obligatoire pour avoir les semences de vesce, l'insecticide le plus utilisé est le cyperméthrine – Système adapté sur les sols humides seulement, tolérance moindre des vesces aux sols secs.
Système continu de « riz / légumineuse volubile »	<ul style="list-style-type: none"> – Bonne maîtrise de mauvaises herbes, – Production importante de biomasses, – Production continue de riz pluvial – Apport d'azote naturel des légumineuses jusqu'à 100 unités de N, équivalent de 200 kg d'urée⁵ 	<ul style="list-style-type: none"> – Valeur ajoutée des légumineuses volubiles moins importantes que les cultures maraîchères : 202 317Ar/ha PB⁶ de PB de la dolique contre 622 366 à 1 556 111Ar/ha de PB de l'haricot. – Certaines légumineuses volubiles ne sont pas consommables : dolique, mucuna, – Traitement phytosanitaire obligatoire pour avoir des semences.
SC B3 : rotation biennale « maïs + légumineuse // riz » ou « riz // maïs + légumineuse ».	<ul style="list-style-type: none"> – Système adapté sur les <i>baiboho</i> où la culture de contre saison est impossible, – Taux de couverture du sol assez élevé, – Interrompre le cycle des pestes végétales du riz, 	<ul style="list-style-type: none"> – Production du riz sur la moitié des parcelles
SC B4 : système introduisant l'itinéraire « maïs + légumineuse » dans le système continu de « riz / maraîchage CM »	<ul style="list-style-type: none"> – Système permettant de produire la culture continue de maraîchage sans recours aux biomasses de l'extérieur en produisant des biomasses au niveau parcellaire une année sur 3 ou 4, – Production de biomasse une année sur 3 – Taux de couverture du sol assez élevé, – Pas de recours aux apports supplémentaires des biomasses de l'extérieur par rapport système continu « riz/ maraîchage paillé », 	<ul style="list-style-type: none"> – Production du riz pluvial sur un tiers ou un quart de la parcelle, – Production du riz sur deux tiers des parcelles.
Système à base de stylosanthes	<ul style="list-style-type: none"> – Système extensif : système à bas niveau d'intrant, – Forte production de biomasse, – Possibilité d'exploiter sur un an de culture par développement important du stylosanthes sur sol riche de <i>baiboho</i>, 	<ul style="list-style-type: none"> – Exigence d'une bonne maîtrise de la technique : manipulation difficile des semences par levée de dormance par la chaleur, graines fines, – Multiplication par graines assez facile, – Difficulté de récolter les semences de

⁵ Source TAFE in rapport de démarrage de campagne de contre saison 2009, BRL Madagascar 2009.

⁶ Source BRL Madagascar, rapport de campagne de contre saison 2009.

Système de culture	Avantages	Inconvénients
	<ul style="list-style-type: none"> – Taux de couverture du sol élevé, – Production fourragère possible : intégration agriculture - élevage – Minéralisation lente des tiges ligneuses : alimentation continue des plantes cultivées dans ce système, – Système racinaire puissant : amélioration de la structure du sol, – Plante rustique 	<ul style="list-style-type: none"> – stylosanthes, – Exploitation limitée de fourrage de stylosanthes, – Risque de météorisation en cas de fort apport fourrager,

Analyses comparatives des performances des systèmes de cultures sur baiboho.

Les rendements de riz pluvial obtenu avec les trois grands types de systèmes de cultures préconisés et les deux types de rotations (SC B3 et SC B4) installés sur *baiboho* sont homogènes avec un coefficient de variation de 11%. Le rendement moyen sur 8 campagnes successives a été de 2 748 kg/ha. Le système de culture B3 « rotation biennale du type « maïs + légumineuses volubiles // riz pluvial » et le système continu de « riz / maraîchage + vesce ou vesce en culture pure » et sont plus productifs que les autres systèmes (cf. tableau 29).

Tableau 29 : Variation de rendement de riz pluvial et de maïs par « grand système » et type de système de culture sur baiboho.

Système de culture	Système continu « riz/ maraîchage sur paillage »	Système continu « riz/ maraîchage + vesce ou vesce »	Système continu « riz/ légumineuse volubile »	Système de culture B3	Système de culture B4
Rendement moyen de riz pluvial ⁷ (kg/ha)	2 770	3 062	2 803	3 440	2 498
Nombre de valeurs observées	166	69	50	22	28
Rendement moyen du maïs (kg/ha)				2 556	2 437
Nombre de valeurs observées				21	13
Produit brut (Ar/ha)	1 385 063	1 531 000	1 401 583	1 486 138	1 201 908

La valeur du produit brut par système de culture ci-dessus ne tient pas compte les produits bruts fournis par le maraîchage et/ou les plantes de couverture (vesce et légumineuses volubiles) en contre saison. Le système à base de vesce est plus rentable par rapport aux quatre autres systèmes de culture sur *baiboho* avec un gain de 44 862 Ar/ha à 329 092 Ar/ha en produit brut.

Les systèmes de cultures sur les RMME pérennisées en SCV.

Systèmes de cultures différents dans la ZNE et VSE sur les RMME.

Deux types de systèmes de culture ont été identifiés sur les RMME conduites en SCV.

- ***Système de culture RMME 1 : système continu de « riz / maraîchage sur paillage » évoluant en système à base de vesce (VSE :100%),***

⁷ Rendement moyen sur huit campagnes successives (cf. annexe 8).

- **Système de culture RMME 2 : système continu « riz pluvial / maraîchage sur paillage »** (ZNE : 100%).

Les surfaces des RMME dédiées en SCV sont encore insignifiantes (cf. tableau 30).

Tableau 30 : Surface totale et nombre des parcelles et des adoptants suivi sur RMME.

Campagne agricole des RMME	2002-2003	2003-2004	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010
Surface totale ZNE (en ha)			0,83	1,13	1,13	1,13	1,13	1,13
Surface totale VSE (en ha)	0,3	0,3	0,45	1,26	1,26	1,26	1,26	1,26
Nombre de parcelles	1	5	9	9	9	9	9	9
Nombre des adoptants	1	5	9	9	9	9	9	9

Malgré une légère variation de rendements avec le système continu de « riz / maraîchage CM » par rapport au « riz / vesce » (cf. tableau 31), ce système est encore le plus adopté sur les RMME pérennisées en SCV dans la ZNE.

Tableau 31 : Rendement du riz pluvial sur les parcelles RMME suivant le type de système de culture.

	Campagne agricole	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010
SC RMME1	Rendement moyen (kg/ha)	2626	2630	2692	2909	3295	2995
	Nombre d'échantillon	2	5	5	5	5	5
	Coefficient de variation	7%	9%	9%	17%	14%	17%
SC RMME 2	Rendement moyen (kg/ha)	2590	2725	2299	2647	2444	3375
	Nombre d'échantillon	2	4	4	4	4	3
	Coefficient de variation	8%	16%	46%	5%	35%	16%

Etude comparative des performances agro-économiques de deux grands systèmes SCV sur RMME.

Les atouts et contraintes des deux systèmes de cultures sur RMME ont été déjà étudiés précédemment sur les systèmes de cultures sur *baiboho* (cf. SC B1 et SC B2). D'une manière générale, le système « riz/ maraîchage + vesce ou vesce en culture pure » (SC RMME 1) est plus productif que le système continu de « riz/ maraîchage sur paillage » (cf. tableau 32). Les rendements avec ces deux types de systèmes sont pourtant stables avec des CV respectifs de 12% et 13%.

Tableau 32 : Rendement moyen de riz pluvial par grand type du système sur RMME.

Rendement du riz pluvial (kg/ha)	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010
Système continu de « riz/ maraîchage sur paillage »	2 608	2 672	2 529	2 354	2 444	3 250
Nombre de parcelles	4	9	8	5	4	3
Système continu de « riz/ maraîchage + vesce ou vesce »			2 421	2 721	3 295	2 995
Nombre de parcelles			1	4	5	5

Tableau 33 : Produit brut de riz pluvial par grand type de système sur RMME.

Système de culture	Système continu « riz/ maraîchage sur paillage »	Système continu « riz/ maraîchage + vesce ou vesce »
Rendement moyen de riz pluvial (kg/ha)	2 643	2 858
Nombre de valeurs observées	33	15
Product brut (Ar/ha)	1 321 417	1 429 000

Le système à base de vesce (SC RMME 1) est plus rentable que le système à base de paillage (SC RMME 2) avec un gain de 107 583 Ar/ha en produit brut (cf. tableau 33).

Synthèse sur les innovations paysannes sur les systèmes de cultures.

Sept types de systèmes de cultures ont été recensés sur *tanety* dont cinq sont des systèmes innovants. Le système introduisant le « manioc + stylosanthes » à cycle long dans le système de culture préconisé (SC T6) est largement rentable par rapport aux autres systèmes. Globalement, les performances économiques des systèmes de culture sur *tanety* sont assez proches (sauf le système de culture SC T6).

Six systèmes de culture ont été évalués sur bas de pente. La rotation triennale « maïs + légumineuses volubiles // maïs + légumineuses volubiles // riz pluvial » (SC BP2) a été le plus rentable et également la plus performante pour maîtriser les mauvaises herbes sur les sols riches de bas de pente.

Les innovations paysannes sur les *baiboho* et RMME sont surtout la succession des trois grands systèmes préconisés sur *baiboho* à savoir (i) le système continu de « riz /maraîchage sur paillage », (ii) « riz / légumineuse volubile » et (iii) « riz / vesce en culture pure ou associé au maraîchage ». Le système à base de vesce est le plus productif en riz et le plus performant par sa forte production de biomasse sur *baiboho* et sur RMME pérennisées en SCV.

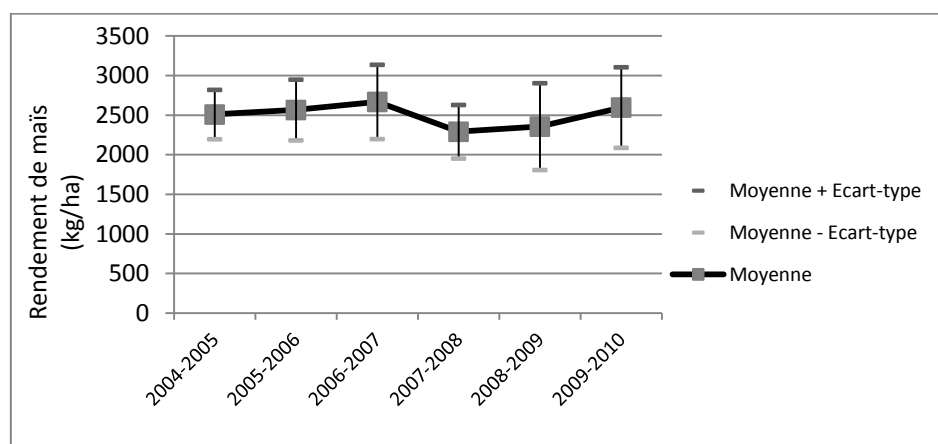
Les SCV, des effets tampons sur les aléas climatiques et sur l'application d'engrais.

Les risques climatiques, notamment la sécheresse, sont très importants sur les cultures pluviales de *tanety*. L'étude des effets des aléas climatiques et les variations des apports en éléments fertilisants ont été réalisées sur les systèmes de cultures innovants sur *tanety*. Deux spéculations ont été choisies : riz pluvial et maïs. Ces céréales les plus cultivées sur *tanety* dans la région du Lac Alaotra sont les plus exigeants en engrais et les plus sensibles au stress hydriques.

Le système de culture SC T2 (système fourrager) n'a pas été étudié parce que la culture de riz pluvial et/ou de maïs n'est pas incluse dans ce système (sauf sur quelques parcelles lors des deux dernières campagnes par reprise des parcelles en culture vivrière). Le SC T7 (système avec rotation instable) n'a pas été pris en compte vu que la rotation culturale n'est pas encore fixée dans le temps.

Les effets sur le riz pluvial pour les différents systèmes de cultures.

Le doublement du prix des engrais minéraux depuis la campagne 2007-2008 a induit une baisse généralisée des apports en NPK et urée sur les parcelles de *tanety* jusqu'à zéro apport



Graph 7 : Evolution de rendements de riz pluvial dans la ZNE.

en 2011. Les apports en fumure organique, en NPK et urée sont été inversement proportionnels à l'âge des parcelles avec les systèmes SCV. Les adoptants ont considérés que les parcelles les plus anciennes en SCV ont des sols plus fertiles grâce aux apports continus de biomasse. Ces deux facteurs liés aux stratégies des paysans ont pu influencer le transfert de fertilité sur *tanety*.

Dans la Zone Nord Est.

Le tableau ci-après présente les variations de rendement du riz pluvial sur 5 campagnes successives suivant : (i) les types de système de culture, (ii) la quantité pluviométrique et le nombre de jours de pluies et (iii) les apports en fumure organique et engrais minéraux.

Les systèmes de culture étudiés sont : le SC T1 rotation biennale « maïs + légumineuses volubiles // riz pluvial » (système de culture préconisé), SC T3 système introduisant la culture d'arachide dans le système de culture recommandé, SC T4 : système introduisant l'itinéraire riz pluvial dans le système continu de « maïs + légumineuses volubiles » et le SC T6 système introduisant l'itinéraire « manioc + stylosanthes » à cycle long dans le système de culture préconisé. Le système de culture SC T5 n'a pas été étudié parce qu'il s'agit d'un système continu de « maïs + légumineuses volubiles ».

Tableau 34: Variation du rendement de riz pluvial suivant la quantité pluviométrique et les apports en élément fertilisants dans la ZNE.

Facteurs étudiés	Riz pluvial _ ZNE	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010	Moyenne	Ecart-type	C.V
Systèmes de cultures	SC T1 (kg/ha)	2382	2361	2349	2586	3024	2540	287	11%
	SC T3 (kg/ha)	3170	2195	2026	2570	2888	2570	474	18%
	SC T4 (kg/ha)		2431	2427	2146	3000	2501	358	14%
	SC T6 (kg/ha)	2 411			3 721		3066	926	30%
Variation aléatoire de climat	Pluviométrie moyenne (mm)	687	1097	856	1044	924	989	219	22%
	Nombre total de jours de précipitation	ND	62	49	74	81	67	14	21%
Variation des apports en FO et engrais	Moyenne F.O (kg/ha)	3880	3715	3707	2929	1329	2593	1587	61%
	Moyenne NPK (kg/ha)	69	48	65	8	6	33	32	97%
	Moyenne Urée (kg/ha)	45	32	41	6	6	22	20	92%

Les pluviométries globales des campagnes 2005-2006, 2007-2008 et 2009-2010 dans la ZNE ont été inférieures aux normales saisonnières et particulièrement mal répartie pour la campagne 2007-2008. Une baisse linéaire des apports en fumure organique et en fumures minérales (NPK et urée) a été constatée dans la ZNE (cf. tableau 46). Les rendements de riz sont stables sur cinq campagnes successives avec les systèmes SC T1, SC T3 et SC T4 avec des coefficients de variation (C.V) respectifs de 11%, 18% et 14%. Aucune conclusion n'a pas pu être tirée pour le système SC T6 à cause du nombre d'échantillon très faible.

Les rendements moyens de riz pluvial ont eu une baisse légère entre 2006-2007 et 2007-2008 de 2.326 ± 673 kg/ha à 2484 ± 407 kg/ha. Mais à partir de la campagne 2008-2009 (74% des parcelles suivies dans la ZNE avec les systèmes SC T1, SC T3 et SC T6 rentrent en 3ème année de SCV et 26% en 4ème année) les rendements ont eu une augmentation de 2.581 ± 897 kg/ha à 3.049 ± 707 kg/ha (cf. graphe 7). Cependant, d'une manière générale le rendement de riz pluvial sur *tanety* sont stables dans la ZNE avec un rendement moyen de 2.555 ± 296 kg/ha et un coefficient de variation de 12% sur les cinq campagnes agricoles successives de 2005-2006 à 2009-2010.

Vallée du Sud Est.

Seul le système standard préconisé a été rencontré sur *tanety* dans la VSE. Le tableau et le graphe ci-après représentent la variation de rendements de riz pluvial dans la zone sud.

Tableau 35 : Variation du rendement de riz pluvial suivant la quantité pluviométrique et les apports en élément fertilisants dans la VSE.

Facteurs étudiés	Riz pluvial_VSE	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010	Moyenne	Ecart-type	C.V
Systèmes de cultures	SC T1 (kg/ha)	2980	2273	3736	2148	2849	2175	2694	622	23%
Variation aléatoire de climat	Pluviométrie moyenne (mm)	1325	687	1315	1022	1172	925	1074	247	23%
	Nombre total de jours de précipitation	ND	ND	84	79	92	82	84	6	7%
Variation des apports en FO et engrais	Moyenne F.O (kg/ha)	4068	4458	3711	3660	4095	1000	3499	1258	36%
	Moyenne NPK (kg/ha)	0	56	0	56	0	0	19	29	155%
	Moyenne Urée (kg/ha)	89	48	25	29	0	0	32	33	105%

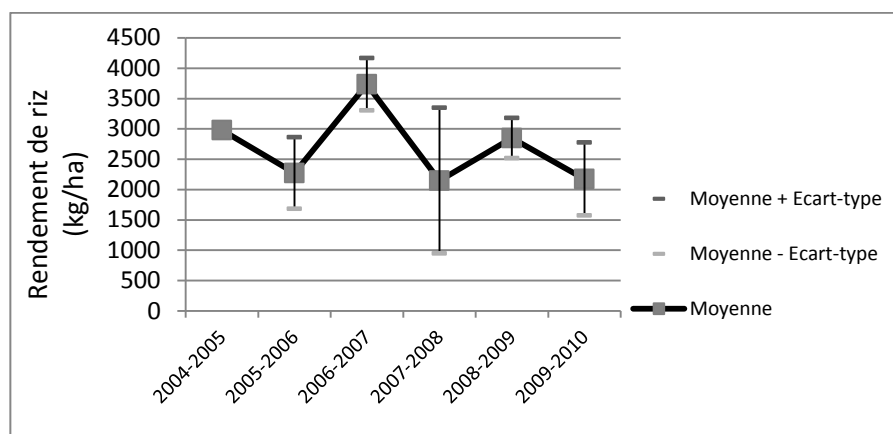
Les pluviométries globales des campagnes 2005-2006, 2007-2008 et 2009-2010 dans la VSE ont été inférieures aux normales saisonnières et particulièrement mal répartie pour la campagne 2007-2008. Une diminution des apports en fumures organiques et minérales entre 2004-2005 et 2007-2008 et zéro apport en engrais minéraux les deux dernières campagnes ont été constatés sur la culture de riz pluvial sur *tanety* dans la VSE (cf. tableau 47). Les rendements de riz pluvial ont été plus ou moins stables suivants la variation aléatoire de climat sur les six campagnes successives, de 2004-2005 à 2009-2010, avec un rendement moyen de 2.694 ± 622 kg/ha et un coefficient de variation de 23% (cf. graphe 8).

D'une manière générale les rendements de riz pluvial sur *tanety* sont plus stables dans la Zone Nord Est que dans la Vallée de Sud Est.

Les effets sur le maïs en fonction des différents systèmes de culture.

Dans la Zone Nord Est

Le tableau suivant représente les variations de rendement de maïs suivant les différents types de systèmes de cultures dans la ZNE, le facteur climat et le facteur engrais.



Graphe 8 : Evolution de rendement de riz pluvial dans la Vallée du Sud Est.

Tableau 36 : Variation de rendement de maïs suivant la quantité pluviométrique et les apports en élément fertilisant dans la ZNE.

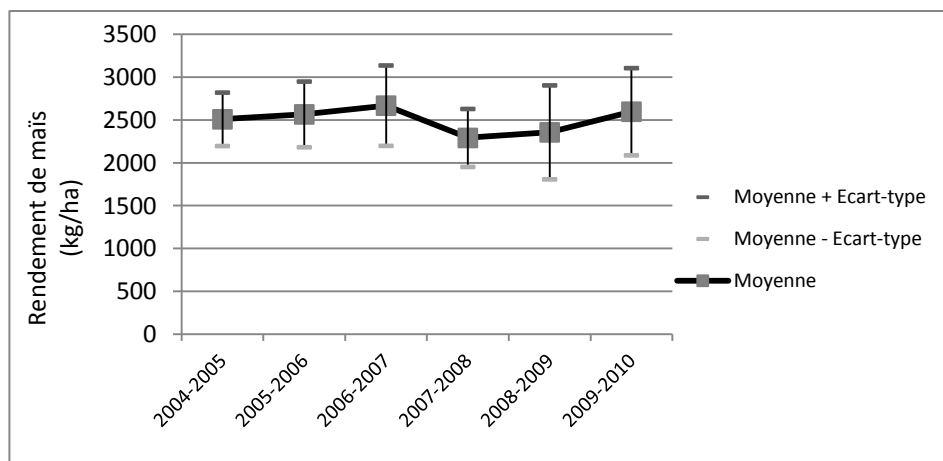
Facteurs étudiés	Maïs_ ZNE	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010	Moyenne	Ecart-type	C.V
Systèmes de cultures	SC T1 (kg/ha)	2520	2538	2616	2223	2208	2567	2445	181	7%
	SC T3 (kg/ha)	2661	2559	2717	2397	2728	2581	2607	124	5%
	SC T5 (kg/ha)	2175	2666	2923	2380	2508	2733	2564	267	10%
	SC T6 (kg/ha)			2000				2000		
Variation aléatoire de climat	Pluviométrie moyenne (mm)	1325	687	1097	856	1044	924	989	219	22%
	Nombre total de jours de précipitation	ND	ND	62	49	74	81	67	14	21%
Variation des apports en FO et engrais	Moyenne F.O (kg/ha)	4963	4038	4442	3863	2929	2184	3737	1017	27%
	Moyenne NPK (kg/ha)	71	58	54	66	8	2	43	30	70%
	Moyenne Urée (kg/ha)	54	35	29	44	6		28	21	76%

Une baisse tendancielle des apports en FO, NPK et urée a été enregistrée sur les cultures de maïs dans la ZNE. Les rendements de maïs sont plus stables pour tous les systèmes de cultures adoptés (SC T1, SC T3, SC T5, SC T6) avec des coefficients de variation entre 5 à 10% (cf. tableau 48). Malgré une légère régression entre 2006-2007 et 2008-2009, les rendements de maïs ont été plus stables sur les six campagnes successives dans la zone nord avec une moyenne de 2.499 ± 146 kg/ha avec un coefficient de variation de 6% (cf. graphe 10).

Vallée du Sud Est.

Tableau 37 : Variation de rendement de maïs suivant la quantité pluviométrique et les apports en élément fertilisants dans la VSE.

Facteurs étudiés	Maïs_ VSE	2004-2005	2005-2006	2006-2007	2007-2008	2008-2009	2009-2010	Moyenne	Ecart-type	C.V
Systèmes de cultures	SC T1 (kg/ha)	2570	3037	2590	2800	2246	2210	2576	318	12%
Variation aléatoire de climat	Pluviométrie moyenne (mm)	1325	687	1315	1022	1172	925	1074	247	23%
	Nombre total de jours	ND	ND	84	79	92	82	84	6	7%
Variation des actapports en FO et engrais	Moyenne F.O (kg/ha)	4067	3750	3176	3352	3585	993	3154	1103	35%
	Moyenne NPK (kg/ha)	74	0	21	0	0	0	48	37	79%
	Moyenne Urée (kg/ha)	45	50	9	10	0	0	19	23	119%



Graphie 9 : Evolution de rendement de maïs dans la Zone Nord Est.

Une baisse tendancielle de rendement de maïs sur *tanety* a été constatée. Pourtant, d'une manière générale les rendements sont encore homogènes avec un rendement moyen de $2\,576 \pm 318$ kg/ha avec un coefficient de variation de 12%. Bref, malgré les variations aléatoires climatiques et une baisse tendancielle des apports en fumure organiques et en engrais minéraux, les rendements du riz pluvial et du maïs sont stables pendant les six campagnes successives de 2004-2005 à 2009-2010 dans les deux zones. D'une manière générale, les systèmes SCV sur *tanety* dans la ZNE sont plus stables que ceux dans la VSE. Les risques de la mise en culture sur *tanety* dans la VSE sont alors élevés.